

修 士 論 文 の 和 文 要 旨

研究科・専攻	大学院 情報理工学研究科 先進理工学専攻 博士前期課程		
氏 名	佐藤 拓弥	学籍番号	1033045
論 文 題 目	Si フォトニック結晶スロットを用いた $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 導波路光増幅器の作製と評価		
<p>要 旨</p> <p>Si-LSI のチップ上及びチップ間の光配線や光信号処理システムの構築に向けて、従来の CMOS プロセスを用いた Si 基板上への光回路集積化技術“シリコンフォトニクス”が注目されている。その実現に必要な不可欠な光増幅器の母材として、本研究室では $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 結晶を提案している。この結晶は発光源となる Er を構成元素として含むため、光学活性な Er を 10^{22}cm^{-3} という高濃度で実現出来る。またこの結晶は 0.86nm 周期の超格子構造をとり、室温でも 1.5μm 帯で鋭いピークを持つ発光特性を示す。さらに結晶中の Er の一部を Y に置換し、Er 間相互作用長を長くすることで問題だったアップコンバージョン(CUC : Cooperative Upconversion)の制御が可能となった。これらの優れた点を生かした発光素子及び小型光増幅器の実現に向けて研究が進んでいる。</p> <p>本研究室ではこの結晶を用いた導波路型光増幅デバイスとして、Si ガイド層埋め込み型構造を利用してきた。これは厚さ 30nm, 幅 4μm の Si 層を $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 結晶薄膜中に挿入した構造であり、Si が高い屈折率を持つため光のガイド層として機能し、これにより光の閉じ込めを可能にしている。しかし光集積回路へ適用するためシングルモードサイズまで縮小化すると、幅 1μm 以下のサイズが求められる。これでは進行方向に対し横方向の閉じ込めが十分にとれず、散乱損失が増大すると予想される。そこで、Si フォトニック結晶スロット構造の適用を提案および実証を行った。フォトニック結晶(PC : Photonic Crystal)は周期的な屈折率構造を有する事で、ある波長域の光の存在を許さないフォトニックバンドギャップ(PBG: Photonic Band Gap)を持つ。この周期性に欠陥を導入することで、禁制帯に局在モードが存在し、屈折率のみに依存しない強い光閉じ込め効果が実現できる。この特性に注目し、Si-PC スロットに $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 結晶を埋め込む導波路構造の検討を行った。PBG を $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 結晶の発光波長帯である C バンドに重なるように周期幅を調整し、かつ狭小 PC スロット内に強い光閉じ込めを実現するためにスロット幅を定めた。さらに PBG 端を励起光波長 1.48μm 近傍にとることで励起光のスローライト化を利用し、Er イオンの励起光捕獲断面積の拡大を狙うことで、さらなる光学利得の向上を目指した。</p> <p>作製したスロット導波路端から ASE 光を入射した際、赤外線カメラ像において PC 領域で顕著に現れた光散乱が導波路領域ではほとんど見られず、さらに CCD カメラ像において導波路に沿う CUC 発光線を観測した。以上より、導波領域における強い光閉じ込めを確認し、さらに散乱損失の低い導波路が作製出来た事が分かった。この試料に対し VSL 測定を行ったところ、励起光強度の増加に伴い発光強度が顕著に増加した。測定結果を二準位モデルでフィッティングしたところ光学利得が得られていることが分かり、最大励起光強度時において 30dB/cm という値が確認できた。これにより 1mm 以下の超小型かつ高光学利得デバイス開発の可能性を示した。</p> <p>さらに集積化に向けて、PC スロット導波路と Si 細線導波路を結合した新たなプロセスを提案し作製した。導波特性を評価したところ、大きな入射損失が生じて励起光強度が著しく減少したため、CUC 光による光閉じ込めは確認されなかった。また PC スロット導波路領域のみ励起光を照射したところ、Si 細線導波路端から $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 結晶の発光スペクトルが得られた。Si 細線導波路と PC スロット導波路の結合は確認されたため、今後は励起光の入射損失を抑える構造を新たに形成する必要がある。</p>			